

### Химия. 11 класс.

**Задача 1.** Химик Василий изучал кинетику реакции омыления этилацетата. Помогите Василию определить молярную концентрацию гидроксида натрия в реакционной смеси, если известно, что массовая доля этилацетата в ней составляет 4,4 %, скорость реакции в данный момент времени равна  $4 \cdot 10^{-3}$  моль/л · мин, а константа скорости реакции при данной температуре равна  $8 \cdot 10^{-3}$  л/моль · мин. Плотность раствора принять равной 1 г/мл. **10 баллов**

#### Решение:

1) Составлено уравнение реакции омыления этилацетата:



2) Скорость реакции выражена через концентрации реагирующих веществ:

$$V = K \cdot c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \cdot c(\text{NaOH}). \quad (2 \text{ балла})$$

3) Рассчитана молярная концентрация этилацетата.

Пусть масса раствора  $m(\text{раствора}) = 100$  г,

тогда  $m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 4,4$  г;

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = m/M = 4,4 \text{ г} : 88 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}.$$

$$V(\text{раствора}) = m/\rho = 100 \text{ г} / 1 \text{ г/мл} = 100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}.$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = \nu(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)/V(\text{раствора}) = 0,05 \text{ моль} / 0,1 \text{ л} = 0,5 \text{ моль/л}. \quad (4 \text{ балла})$$

4) Молярная концентрация щелочи выражена через скорость реакции и концентрацию этилацетата и рассчитана:  $c(\text{NaOH}) = V/K \cdot c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot \text{мин} / 8 \cdot 10^{-3} \text{ л/моль} \cdot \text{мин} \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 1 \text{ моль/л}. \quad (2 \text{ балла})$

**Ответ:** Молярная концентрация щелочи равна 1 моль/л.

**Итого 10 баллов**

**Задача 2.** Смесь двух солей, окрашивающих пламя в фиолетовый цвет, хорошо растворима в воде, причем полученный раствор обладает кислой реакцией, вызывает выпадение осадка (не растворимого в кислотах) при действии раствора хлорида бария и выделение газа как при действии цинка, так и при действии меди. В состав одной из солей входит элемент, известный с древности, которые алхимики называли "вулкан".

А) Напишите возможные формулы солей.

Б) Напишите уравнения проведенных реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

В) Вычислите массовые доли солей в исходной смеси, если массовая доля металла в ней составляет 32%.

**28 баллов**

#### Решение.

1) Т.к. соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет, следовательно, это соли калия. **(1 балл)**

2) Т.к. ион калия не гидролизует, следовательно, кислая среда связана с анионом. За счет гидролиза аниона среда может быть щелочная, кислая среда может быть в растворе кислой соли, образованной сильной (или средней силы) кислотой. **(3 балла за рассуждения)**

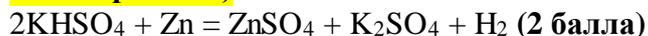
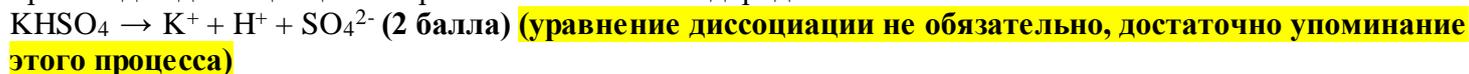
3) Т.к. раствор солей дает осадок с солью бария, следовательно, анион – гидросульфат. Итак, одна из солей – гидросульфат калия. В ее состав входит сера, которую алхимики называли «вулканом» **(2 балла)**

4) Уравнение реакции:



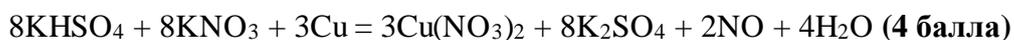
Кислую среду имеет также гидросульфит калия, но он не будет осаждаться солью бария (сульфит бария не выпадает из кислых растворов). Кроме того, сульфит бария растворяется в кислотах, а по условию задачи осадок не растворим в кислотах.

5) При взаимодействии с цинком гидросульфат калия будет давать водород, т.к. в растворе  $\text{KHSO}_4$  происходит диссоциация с образованием ионов водорода:

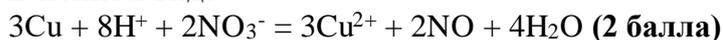


6) Т.к. медь не может вытеснять водород из кислот с неокисляющим анионом (или кислых солей), но может растворяться в азотной кислоте, следовательно, если в растворе имеются ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{NO}_3^-$ ; тогда медь будет реагировать с этим раствором с выделением газа. Ионы  $\text{H}^+$  в растворе имеются за счет диссоциации гидросульфата, значит, вторая соль -  $\text{KNO}_3$ . **(2 балла)**

Реакция:



В ионном виде:



7) Рассчитаем массовые доли, если  $\omega(\text{K}) = 32\%$ .

Пусть масса смеси = 100 г.

$$M(\text{KHSO}_4) \cdot v(\text{KHSO}_4) + M(\text{KNO}_3) \cdot v(\text{KNO}_3) = 100$$

$$M(\text{K}) \cdot v(\text{KHSO}_4) + M(\text{K}) \cdot v(\text{KNO}_3) = 32$$

$$136x + 101y = 100$$

$$39x + 39y = 32$$

$$x + y = 0,82 \text{ (2 балла за систему уравнений)}$$

$$136x + 101(0,82 - x) = 100$$

$$136x + 82,87 - 101x = 100$$

$$35x = 17,13$$

$$x = 0,49 = v(\text{KHSO}_4); m(\text{KHSO}_4) = 0,49 \cdot 136 = 66,64; m(\text{KNO}_3) = 33,36.$$

$$\omega(\text{KHSO}_4) = 66,64\%; \omega(\text{KNO}_3) = 33,36\%.$$

**(2 балла за решение системы и нахождение массовых долей)**

**Итого 28 баллов**

**Задача 3.** Твердая органическая кислота содержит в своем составе 34,62% углерода и 3,84% водорода. Навеску этой кислоты массой 0,169 г растворили в воде. На полную нейтрализацию полученного раствора потребовалось 32,5 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л.

Исследуемая кислота при нагревании выделяет диоксид углерода (IV) и превращается при этом в другую органическую кислоту, натриевая соль которой при сплавлении с гидроксидом натрия образует газообразный углеводород, содержащий в своем составе 75% углерода.

Приведите уравнения соответствующих реакций, молекулярные формулы и названия описанных веществ и структурную формулу исходной кислоты.

**22 балла**

**Решение**

1) Определяем простейшую формулу кислоты:

$$100\% - (34,62\% + 3,84\%) = 61,54\% \text{ кислорода}$$

$$v(\text{C}):v(\text{O}):v(\text{H}) = 34,62/12 : 61,54/16 : 3,84/1 = 3:4:4$$

$$\text{C}_3\text{O}_4\text{H}_4 \text{ (2 балла)}, \text{ условная молекулярная масса } M_{\text{усл}} = 12 \cdot 3 + 16 \cdot 4 + 1 \cdot 4 = 104 \text{ г/моль (1 балл)}$$

2) Если простейшая формула совпадает с молекулярной, то логично предположить, что кислота дикарбоновая (т.к. 4 атома кислорода, то, вероятно, две карбоксильные группы).

Тогда 1 моль кислоты реагирует с 2 моль NaOH.

**(2 балла)**

3) Рассчитаем количество вещества щелочи:  $v = c \cdot V = 0,0325 \cdot 0,1 = 0,00325$  моль. Следовательно  $v(\text{кислоты}) = 0,00325 : 2 = 0,001625$  моль.

**(2 балла)**

4) Молярная масса кислоты  $M = m/v = 0,169/0,001625 = 104$  г, что совпадает с  $M_{\text{усл}}$ . Таким образом, простейшая формула совпадает с молекулярной.

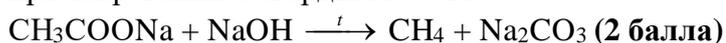
**(2 балла)**

5) Это малоновая кислота **(2 балла)**, (принимается пропан-1,3-диовая кислота). Ее структурная формула  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  **(2 балла)**.

6) При нагревании происходит декарбоксилирование и образуется уксусная кислота **(1 балл за название уксусной кислоты)**:



7) Натриевая соль уксусной кислоты – ацетат натрия **(1 балл за название ацетата натрия)** – реагирует при нагревании с твердым NaOH:



В результате реакции образуется метан **(1 балл за название метана)**.

8) Это можно подтвердить расчетом по массовым долям (75% углерода и 25% водорода).

$$v(\text{C}):v(\text{H}) = 75/12 : 25/1 = 1:4. \text{ Это метан. (2 балла)}$$

**Итого 22 балла**

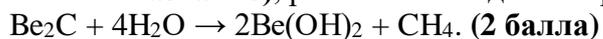
**Задача 4.** Французский химик Поль Лебо в 1895 г впервые получил карбид бериллия. Это было твердое вещество красно-коричневого цвета, которое при взаимодействии с водой выделяло метан. В 1924 г другой французский химик Жан Дюран также заявил о получении карбида бериллия. Это было вещество черного цвета, которое при взаимодействии с водой выделяло ацетилен. При анализе веществ, полученных Лебо и Дюраном, химики установили, что оба эти вещества действительно содержат только бериллий и углерод, т.е. оба они - карбиды бериллия. Каков состав этих карбидов? Почему они разного

цвета и по-разному реагируют с водой? Приведите уравнения этих реакций и рассчитайте, какая масса карбида Лебо и карбида Дюрана потребуется для получения 1 л. метана и ацетилена соответственно.

**14 баллов**

**Решение**

1) Карбид Лебо – метанид бериллия  $\text{Be}_2\text{C}$  (степень окисления углерода -4), **(2 балла за формулу и название)**, разлагается водой с образованием метана:



$n(\text{Be}_2\text{C}) = n(\text{CH}_4) = 1/22,4 = 0,0446$  моль **(1 балл)**;  $m(\text{Be}_2\text{C}) = 0,0446 \cdot 30 = 1,338$  г **(1 балл)**.

2) Карбид Дюрана – ацетиленид бериллия  $\text{BeC}_2$  (степень окисления углерода -1), **(2 балла за формулу и название)**, разлагается водой с образованием ацетилена:



$n(\text{BeC}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 1/22,4 = 0,0446$  моль **(1 балл)**;  $m(\text{BeC}_2) = 0,0446 \cdot 33 = 1,472$  г. **(1 балл)**

3) Разная окраска карбидов обусловлена тем, что они содержат атомы углерода в разной степени окисления: -4 (метанид) и -1 (ацетиленид). Разный заряд аниона обуславливает их разную поляризуемость, которая влияет на окраску соединения. **(рассуждения про поляризуемость можно опустить)**. **(2 балла)**

**Итого 14 баллов**

**Задача 5.** 400 мл газообразного органического вещества смешали с 600 мл кислорода и полученную смесь взорвали, после чего объем газа составил 1 л. После удаления паров воды объем уменьшился до 600 мл, а после пропускания оставшегося газа через раствор гидроксида натрия осталось 200 мл газа. Оставшийся газ (200 мл) полностью поглотился при пропускании его над металлической медью при высокой температуре. Определите формулу органического вещества, приведите его тривиальное название. Укажите не менее двух областей его применения. Приведите уравнения всех реакций, описанных в задаче.

**26 баллов**

**Решение**

1) При сгорании газообразного органического вещества образуется углекислый газ и пары воды **(1 балл)**. Если одно из исходных веществ взято в избытке, то смесь после реакции может состоять из углекислого газа, паров воды и (возможно) либо кислорода, либо исходного органического вещества. **(2 балла)**

2) Объем паров воды  $V(\text{H}_2\text{O}) = 1000 - 600 = 400$  мл. **(1 балл)**

3) Объем углекислого газа, который единственный из всех газов может поглощаться щелочью,  $V(\text{CO}_2) = 600 - 200 = 400$  мл. **(2 балла)**

4) Оставшийся газ объемом 200 мл – кислород, т.к. он легко реагирует с медью при нагревании. Следовательно, кислород был взят в избытке, который составляет 200 мл.

**(2 балла)**

5) Тогда объем реакционной смеси, вступившей в реакцию  $V_{\text{реакц}} = 800$  мл, из которых 400 мл исходного вещества и 400 мл кислорода. **(2 балла)**

6) Соотношение объемов газов, участвующих в реакции:

$V_{\text{вещ-ва}} : V_{\text{O}_2} : V_{\text{CO}_2} : V_{\text{H}_2\text{O}} = 400 : 400 : 400 : 400 = 1 : 1 : 1 : 1.$  **(2 балла)**

Т.к. объем газа пропорционален его количеству, то количества участвующих в реакции веществ относятся как 1:1:1:1. **(1 балл)** Следовательно, коэффициенты в уравнении реакции тоже относятся как 1:1:1:1. **(1 балл)**

8) Тогда можно схематично записать уравнение реакции:



Используя закон сохранения массы, находим число атомов углерода, водорода и кислорода в исходном органическом веществе:  $x = 1, y = 2, z = 1.$  **(2 балла)**

Следовательно, формула вещества  $\text{CH}_2\text{O}.$

**(1 балл)**

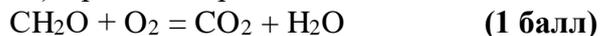
Это формальдегид.

**(2 балла)**

9) Применение формальдегида: получение фенолформальдегидной смолы **(1 балл)**; формалина (38-40% водного раствора), применяющегося для выделки кож и хранения биологических препаратов. **(1 балл)**

**(не более 2 баллов за области применения)**

10) Уравнения реакций:



**Итого 26**

**баллов**